

*А. В. Дубровский<sup>1\*</sup>*

## **Экспресс-оценка вероятности распространения лесных пожаров с использованием геотехнологий**

<sup>1</sup>Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,  
Российская Федерация  
\*e-mail: avd5@ssga.ru

**Аннотация.** Моделирование распространения лесных пожаров является важной задачей, решение которой базируется на применении геотехнологий, а также различных математических моделях. Кроме того, информация, полученная с использованием геотехнологий, позволяет планировать мероприятия по борьбе с лесными пожарами, а также способствует более быстрому и точному реагированию на возможные угрозы возгорания. В статье рассматривается опыт практических работ по экспресс оценке вероятности распространения лесных пожаров с использованием геотехнологий. Из анализа данных цифровых топографических карт и дистанционного зондирования установлено, что 47 населенных пунктов, на территории Республики Алтай, находятся в опасной близости к крупным лесным массивам. Также проведен один из видов лесопожарного районирования по площади возможного возгорания и максимального распространения пожара, при условии ограничения его распространения только естественными топографическими объектами и искусственными противопожарными сооружениями. В статье также рассмотрен передовой опыт по применению компьютерных программ, моделирующих распространения лесных пожаров с помощью интеграции геотехнологий и нейронных сетей.

**Ключевые слова:** лесные пожары, геотехнологии, цифровая карта, данные дистанционного зондирования Земли, геоинформационный анализ, вероятность возникновения чрезвычайной ситуации, противопожарные мероприятия

*A. V. Dubrovsky<sup>1\*</sup>*

## **Express assessment of the probability of spreading forest fires using geotechnologies**

<sup>1</sup>Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation  
\*e-mail: avd5@ssga.ru

**Abstract.** Modeling the spread of forest fires is an important task for which geotechnologies are used, as well as mathematical modeling. Geotechnologies make it possible to plan measures to prevent forest fires, and also contributes to a faster and more accurate response to possible fire threats. The article discusses the experience of practical work on the express assessment of the probability of the spread of forest fires using geotechnologies. Analyzing digital topographic maps and remote sensing data, it was found that 47 settlements on the territory of the Altai Republic are located close to large forests. Also, one of the types of forest fire zoning was carried out according to the area of possible ignition and maximum spread of the fire. The article also discusses best practices in the use of computer programs that simulate the spread of forest fires using geotechnologies and neural networks.

**Keywords:** forest fires, geotechnologies, digital map, Earth remote sensing data, geoinformation analysis, probability of an emergency, fire prevention measures

### *Введение*

Нормативно-правовое обеспечение охраны земель лесного фонда, к сожалению, предполагает незначительные штрафы и виды взысканий за нанесение ущерба, как лесам, так и землям, на которых они находятся. В результате ряда факторов, в том числе и огромной по размерам территории России, система мониторинга состояния земель лесного фонда реально действует только на 35 % территории. В качестве примера можно привести катастрофические лесные пожары в Красноярском крае летом 2019 года [1].

Только в субъектах Сибирского федерального округа лесные пожары ежегодно угрожают примерно 4 тыс. населенных пунктов, в которых проживают более 2 млн. человек, насчитывается более 600 тыс. жилых построек [2]. По словам Президента России В.В. Путина – нужно разработать и внедрить «правовой институт административного обследования лесных участков», технологически эта система должна быть реализована на базе систем дистанционного зондирования и применения беспилотных авиационных систем [3].

Вопросы разделения значительных лесных пространств на лесопожарные районы рассматривались во многих научных работах и исследованиях [4-6].

Геотехнологии являются одним из инструментов для предотвращения лесных пожаров и борьбы с ними. Геотехнологии могут быть использованы для сбора данных о территории, таких как площадь и характеристика лесной растительности, топографическая ситуация, пожароопасность, гидрометеорологические характеристики, рельеф [7]. Одной из основных задач при оценке вероятности распространения лесных пожаров является определение точных границ зоны риска возникновения и распространения лесных пожаров. Для этого используются геоинформационные системы (ГИС), которые позволяют выполнить геоинформационный анализ и геомоделирование [8]. ГИС обрабатывают спутниковые данные, в результате можно определить направление распространения лесного пожара, скорость движения пожара и другие параметры. Также существуют специальные системы дистанционного мониторинга, которые позволяют организовать систему непрерывного контроля зон риска и динамики распространения лесных пожаров. По мнению Рогозина, для организации системы непрерывного мониторинга лесов необходимо минимум в два раза больше спутников [9].

Информация, полученная с использованием геотехнологий, позволяет планировать мероприятия по предотвращению и борьбе с лесными пожарами, а также способствует более быстрому и точному реагированию на возможные угрозы возгорания. Приведем некоторые направления применения геотехнологий в решении задач быстрого реагирования при управлении землями лесного фонда:

– мониторинг природных явлений, таких как лесные пожары, сильные ветра, землетрясения, наводнения, оползни и др. с помощью современных геодезических и геоинформационных технологий [6–8];

- прогнозирование возможных рисков и определение уязвимых мест природных объектов и инфраструктуры, используя комплекс гидрометеорологических, гидрологических, геотермических и геофизических данных;
- разработка коммуникационных, логистических планов и систем связи в условиях чрезвычайных ситуациях, для быстрого реагирования и оперативного управления;
- выявление и решение экологических проблем, в режиме реального времени для минимизации их последствий;
- создание трехмерных моделей территорий с целью планирования лесопользования, территориального управления, оценки опасности природных и техногенных чрезвычайных ситуаций, проектирования инженерно-технической инфраструктуры;
- мониторинг состояния объектов инфраструктуры;
- изучение последствий катастрофических событий и подготовка рекомендаций для быстрого реагирования, в том числе путем прогнозного моделирования чрезвычайных ситуаций;
- межведомственная координация, использование единой информационной среды и геопортальных технологий для быстрого реагирования на чрезвычайные ситуации.

### ***Методы и материалы***

Для экспресс оценки вероятности распространения лесных пожаров применяются методы математического моделирования, геоинформационный анализ и геоинформационное моделирование, а также методы мониторинга лесов с использованием дистанционных средств. Также применяются методы градостроительного зонирования, территориального планирования, строительные нормы и правила, правила противопожарной безопасности.

### ***Результаты***

Для проведения геоинформационного анализа вероятности угрозы лесного пожара для населенного пункта, расположенному в лесной зоне осуществим поиск населенных пунктов, которые находятся в непосредственной близости (ближе чем на расстоянии 30 метров) от покрытых растительностью земельных участков. Все представленные ниже расчеты выполнялись на примере территории Республики Алтай. [10, 11]. Для этого будем использовать цифровые слои «Растительность», и «Населенные пункты». Всего в базе данных содержится информация по 318 населенным пунктам. Результат совмещения цифровой модели растительности с населенными пунктами показан на рис. 1 а).

Построим буферную зону 30 метров вокруг каждого населенного пункта и территории турбаз, санаториев и кемпингов. Минимальная ширина, требуемая противопожарной минерализованной полосы от 0.5 до 1.4 метров с обязательной расчисткой от валежника и лесной растительности на ширину 10 метров. Пример противопожарной минерализованной полосы показан на рис 2 а).

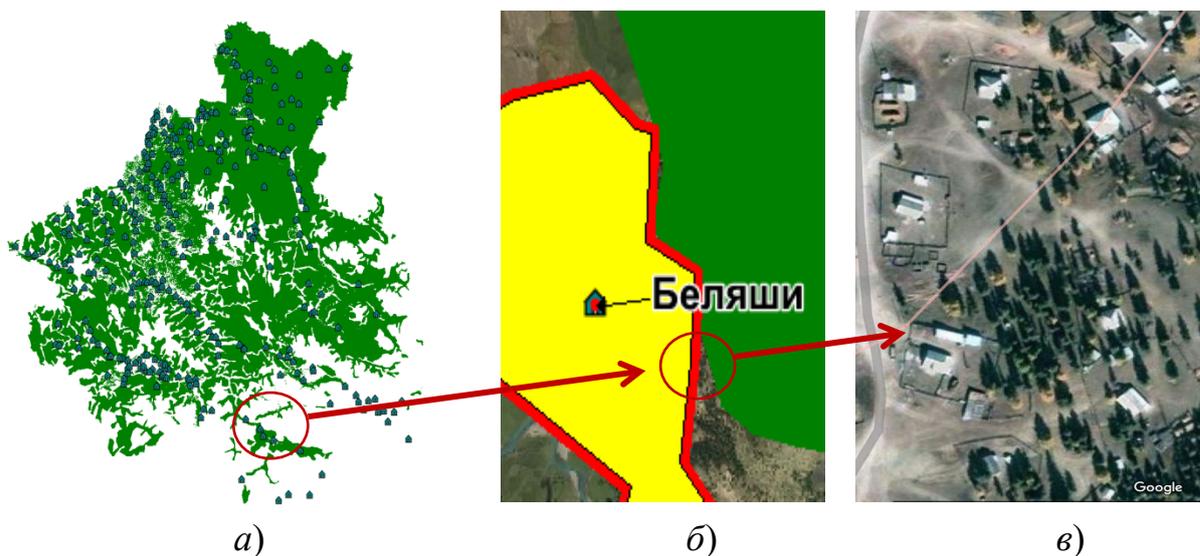


Рис. 1. Цифровая модель растительности на территории Республики Алтай:

- а)* цифровые слои «Растительность» и «населенные пункты»;
- б)* населенный пункт, к границе которого лесная растительность подходит на расстоянии, ближе, чем 30 метров;
- в)* космический снимок территории населенного пункта, на которой жилые дома и постройки примыкают к участку лесной растительности

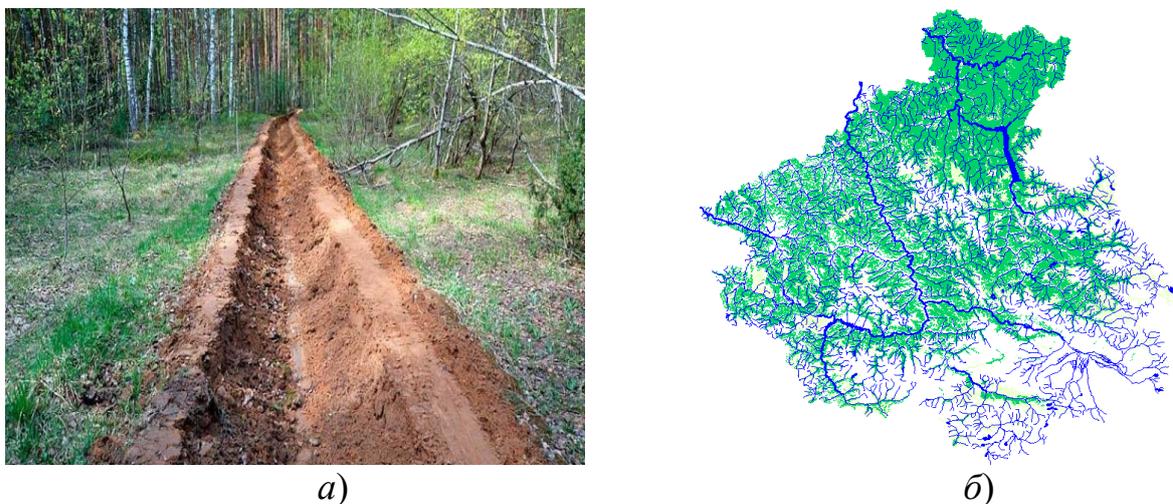


Рис. 2. Естественные и искусственные элементы топографии местности, которые могут являться естественными преградами для распространения лесного пожара:

- а)* противопожарная минерализованная полоса; *б)* цифровая модель рек и озер на территории Республики Алтай

В результате геоинформационного анализ установлено, что 47 населенных пунктов или объектов туристической и рекреационной инфраструктуры находятся ближе 30 метров от лесных массивов и при возникновении пожара им угро-

жает непосредственная опасность, рис. 1 б) и 1 в). Для моделирования распространения пожара на землях лесного фонда создан цифровой слой «Гидрография», включающий в себя объекты гидрографической сети, рис. 2 б). При совмещении цифровой модели гидрографии и цифровой модели высокоствольной растительности была получена цифровая модель местности, которая может быть использована для моделирования распространения лесного пожара. Элементы дорожной сети также могут служить пожароразделительным элементом, наряду с противопожарными минеральными полосами и объектами гидрографической сети.

Учитывая метеоданные, такие как средние температуры, количество осадков, преобладающее направление ветра, можно построить приближенные модели распространения лесных пожаров с определением площади максимально возможного выгорания леса. Роза ветров на территорию Республики Алтай и иллюстрация распространения лесного пожара показана на рис. 3 а) и 3 б).

По данным метеонаблюдений преобладающее направление ветра западное – 64,8%. Руководствуясь этими данными можно рассчитать наиболее опасные с точки зрения возникновения пожаров участки земель лесного фонда и уделить особое внимание противопожарному мониторингу и организации превентивных мер защиты этих земель.



Рис. 3. Пример зависимости направления распространения пожара от направления ветра:

- а) роза ветров на территорию Республики Алтай;
- б) пример распространения лесного пожара

Удалив из объектов слоя «Растительность» объекты слоя «Гидрография» (буферные зоны), возможно, определить наибольшие площади лесных массивов, которые могут быть охвачены пожаром. Аналогичным образом удаляются элементы дорожной сети (буферные зоны) из слоя «Растительность». Таким образом, можно сформировать реестр наиболее опасных для возгорания лесных массивов. Полученные лесные массивы ранжированы по площади, среди которых выделены наиболее крупные, пожар на территории которых способен нанести

наибольший ущерб землям лесного фонда и общей экологической обстановки региона в целом.

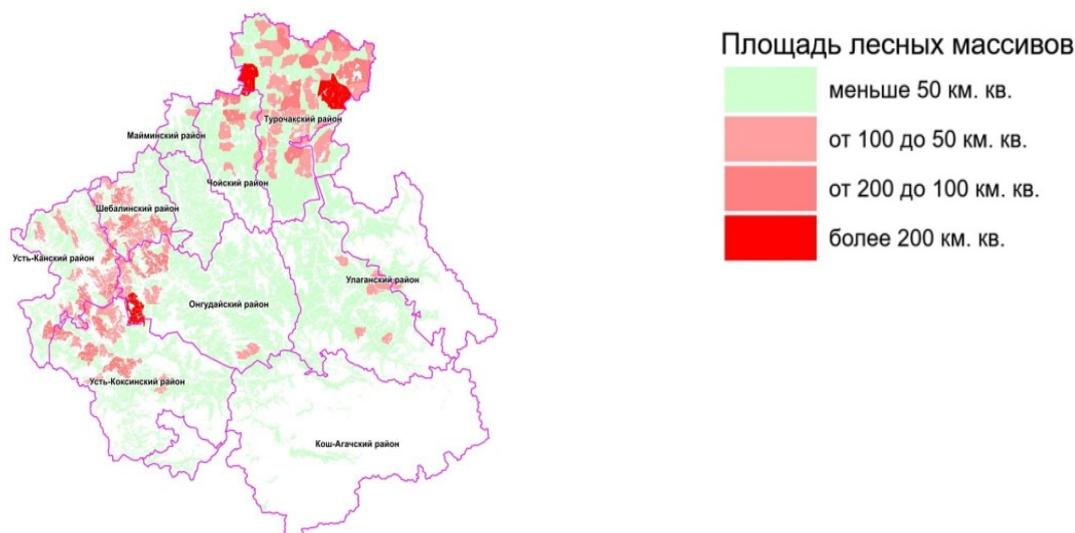


Рис. 4. Цифровая модель лесных массивов, ранжированных по площади с учетом возможного беспрепятственного распространения лесного пожара

Для решения задач классификации выделяют несколько классов лесных пожаров [5]. В ходе исследования нами определены локализации лесных массивов, пожар на территории которых, при неблагоприятных погодных условиях и определенном местонахождении очага возгорания, может приобрести характер «бедствия» по классификации лесных пожаров.

### *Обсуждение*

Полученные практические результаты могут использоваться как непосредственно для выделения участков леса, на которых возникновение пожара может носить катастрофический характер бедствия в силу площади леса не имеющей естественных и искусственных преград для распространения пожара, так и применяться в других более сложных системах моделирования. Созданные цифровые модели можно встраивать в «системы прогнозирования развития лесных пожаров, совершенствовать непосредственно модели поведения классов пожаров, легко изменяя наборы данных, с которыми они работают, а также при необходимости осуществлять их адаптацию под изменения различных внешних факторов» [12, 13].

Математические модели распространения лесных пожаров, например, показанные в работе [14], также могут быть дополнены информацией о естественных и искусственных преградах на пути распространения лесного пожара и его локализации в зависимости от контура леса. В качестве перспективного направления применения полученных результатов можно использовать опыт исследований, проведенных в работах [12, 15] по прогнозированию вероятности возникновения лесных пожаров с помощью нейросетевого алгоритма. Подобная технология поз-

волит определить из имеющегося ранжированного списка наибольших по площади залесенных территорий, наиболее пожароопасные.

Информация по лесным массивам может быть использована в различных компьютерных программах моделирующих распространения лесных пожаров. В работе [16] описывается алгоритм реализующих подобную программу, особый интерес представляет описание класса объектов «эллипс» – «это объект, имеющий параметры: геометрия; список объектов в опасности; время; время до первого объекта в опасности; площадь; приращение площади». Подобный подход позволяет также проводить экспресс оценивание пожароопасной обстановки с установлением объектов находящихся в опасности и их характеристик: «географического названия; количества население; конфигурации», а также убытков от лесных пожаров [17].

### *Заключение*

Таким образом, экспресс оценка вероятности распространения лесных пожаров является важным инструментом для управления лесными пожарами. Применение геотехнологий позволяет быстро определить потенциальные зоны распространения пожара и принять меры по его тушению. Это особенно важно в условиях изменения климата, когда сезон лесных пожаров становится более продолжительным и интенсивным. В условиях глобального потепления и сухого климата лесные пожары могут возникать и распространяться быстрее, чем обычно, приводя к катастрофическим событиям. Экспресс оценка вероятности распространения лесных пожаров позволяет быстро выявлять места, где пожар может быть наиболее опасным, и сосредоточить усилия на их тушении и дополнительной защите территорий и объектов недвижимости. Она также позволяет более точно прогнозировать масштабы пожаров и оценивать риски для людей и окружающей среды. В целом, проведение экспресс оценки вероятности распространения лесных пожаров является необходимым условием для эффективного управления землями лесного фонда, защиты жизни населения и сохранения окружающей природной среды.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесные пожары в Сибири летом 2019 года. Аргументы и факты 31.07.2019 – Режим доступа: [https://aif.ru/incidents/trend\\_3549](https://aif.ru/incidents/trend_3549).
2. Доррер, Г. А. Прогнозирование параметров распространения лесных пожаров в условиях неполноты информации / Г. А. Доррер, С. П. Якимов, С. А. Васильев // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2009. – № 23. – С. 16-20.
3. Путин дал поручения по защите леса / RG.RU, 30.09.2020 – Режим доступа - <https://rg.ru/2020/09/30/putin-dal-poruchenii-po-zashchite-lesa.html>.
4. Прогнозирование ЧС гидрологического характера и лесных пожаров / Д. А. Арустамов, И. П. Бычихин, Ф. Б. Тебуева, В. И. Петренко // Студенческая наука для развития информационного общества : Сборник материалов XI Всероссийской научно-технической конференции в онлайн формате (посвящается светлой памяти профессора Николая Ивановича Червякова), Ставрополь, 22–23 декабря 2020 года. – Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2020. – С. 433-437.

5. Ходаков, В. Лесные пожары: методы исследования / В. Ходаков, М. Жарикова. – Херсон: Гринь Д. С., 2011. – 470 с.
6. Танков Д. А., Танков А. А., Жамурина Н. А. Лесопожарное районирование лесного фонда министерства лесного и охотничьего хозяйства Оренбургской области // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. – 2013. – Т. 6, № 2. – С. 67-74.
7. Середович, В.А. Создание геоинформационной основы банка лесов Новосибирской области в аспекте инвентаризации земель лесного фонда / В.А. Середович., В.А. Калюжин, А.В. Дубровский // Материалы междунар. науч.-техн. конф. посвящ. 225-летию МИИГАиК, Москва, 24-27 мая 2004 г. – М.: МИГАиК, 2004. – С. 129-133.
8. Дубровский, А.В. Анализ природных и техногенных особенностей геопространства чрезвычайной ситуации / А.В. Дубровский, А.П. Карпик, Э.Л. Ким / Итерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр., 10-20 апреля 2012 г., Новосибирск: Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»: сб. материалов в 3 т. Т.3. – Новосибирск: СГГА, 2012 – С. 171-177.
9. Рогозин: для точного мониторинга лесов РФ нужно как минимум в два раза больше спутников ТАСС 4.03.2019 – Режим доступа – <https://tass.ru/kosmos/6183415>.
10. Противопожарное расстояние до лесных насаждений – Режим доступа – <https://www.consultant.ru>.
11. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. ФЗ № 123 – Режим доступа – <https://docs.cntd.ru/document/902111644>.
12. Гордеев, В. С. Прогнозирование лесных пожаров на основе нейросетевых технологий / В. С. Гордеев, Т. В. Смирнова // Сахаровские чтения 2019 года: экологические проблемы XXI века : Материалы 19-й международной научной конференции, Минск, 23–24 мая 2019 года. Том 3. – Минск: Информационно-вычислительный центр Министерства финансов Республики Беларусь, 2019. – С. 297-300.
13. Дубровский А.В. Разработка элементов системы оперативного реагирования при возникновении чрезвычайных ситуаций на территории города Новосибирска / А. В. Дубровский, О. И. Малыгина, В. Н. Никитин. – 8-я международная конференция «Раннее предупреждение и управление в кризисных ситуациях в эпоху "Больших данных"» : сб. материалов. – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. – С. 19-24.
14. Шерстобитова, А. С. Прогнозирование лесных пожаров, их мониторинг и вопросы лесопожарного районирования / А. С. Шерстобитова // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и на сопредельных территориях : Материалы VIII Международной научной конференции, Белгород, 22–25 октября 2019 года / Под редакцией М.А. Польшиной. – Белгород: Издательский дом "Белгород", 2019. – С. 266-268.
15. Прогнозирование вероятности возникновения лесных пожаров с помощью нейросетевого алгоритма на многопроцессорной вычислительной технике / Ф. Н. Ясинский, О. В. Потемкина, С. Г. Сидоров, А. В. Евсеева // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2011. – № 2. – С. 82-84.
16. Мальков, Д. М. Программа для математического моделирования прогноза распространения лесного пожара / Д. М. Мальков // ИТ Арктика. – 2020. – № 2. – С. 3-18.
17. Андреева, З. Н. Прогнозирование потерь от лесных пожаров с использованием информационных технологий / З. Н. Андреева, А. А. Логачев, А. М. Заяц // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3, № 7-1(18-1). – С. 82-85. – DOI 10.12737/14808.

© А. В. Дубровский, 2023